

Francesco Prandel

# OSCILLAZIONI DELL'ESSERE

*L'autodeterminazione come principio fisico*

EDIZIONI  
DEL FARO 

Francesco Prandel, *Oscillazioni dell'Essere*  
Copyright© 2024 Edizioni del Faro  
Gruppo Editoriale Tangram Srl  
via dei Casai, 6 – 38123 Trento  
www.edizionidelfaro.it – info@edizionidelfaro.it

Prima edizione: dicembre 2024 – *Printed in Italy*

ISBN 978-88-5512-470-6



L'etichetta FSC® garantisce che il materiale utilizzato per questo volume proviene da fonti gestite in maniera responsabile e da altre fonti controllate

*a Elena, Anna e Nina*

Prefazione	11
Introduzione	13
Sistemi	20
Chiusura relazionale	23
Autodeterminazione	25
Sistemi elementari	26
Oscillazioni	29
Evoluzione	33
Indeterminazione	35
Normalizzazione	37
Sistemi isolati	39
Energia	44
Interazioni	46
Sistemi composti	50
Relazioni di determinazione	52
Atto e potenza	54
Fisica e metafisica	57
Tempo e spazio	60
Esistenza ed essenza	62
Natura e necessità	63
Conclusioni	67
Postfazione	73
Bibliografia	75
Ringraziamenti	77

# OSCILLAZIONI DELL'ESSERE

*L'autodeterminazione come principio fisico*

## PREFAZIONE

In coda ad alcune conferenze sulla meccanica quantistica che ho seguito negli ultimi anni, ho posto la seguente domanda: che cos'è un sistema fisico secondo la meccanica quantistica?

Con una certa sorpresa ho osservato che i relatori interpellati, nonostante la loro evidente preparazione, hanno avuto difficoltà a rispondere e le risposte che hanno dato non mi sono sembrate particolarmente convincenti.

Per esempio, associare a un sistema fisico un vettore di un opportuno spazio di Hilbert non vuol dire definirlo, ma rappresentarlo tramite uno strumento matematico idoneo a esprimerne le proprietà.

Se da una parte va riconosciuto che la meccanica quantistica ha ottenuto risultati straordinari senza bisogno di rispondere a questa domanda, dall'altra sembra ragionevole richiedere che una teoria fisica, soprattutto se si tratta della "nostra teoria fisica più fondamentale", definisca il proprio oggetto d'indagine.

Il presente testo prende le mosse dalla definizione di "sistema" adottata dalla Teoria Generale dei Sistemi con l'intento di sostenere che, se implementata rigorosamente, questa definizione di "sistema" potrebbe risultare compatibile con l'impianto teorico della meccanica quantistica e con le evidenze che, non avendolo ancora falsificato, l'hanno corroborato.

Roncegno Terme (TN), 13 ottobre 2024

Ecco qui una splendida teoria, forse tra le più perfette, precise e affascinanti che l'uomo abbia mai concepito. Abbiamo prove esterne ma più di tutto interne che la sua validità è limitata, che essa non descrive tutto ciò che pretende di descrivere. Il campo di validità della teoria è certamente enorme, ma sotto sotto essa ci sussurra. «Non prendermi in modo assoluto o con troppa serietà. Sono in certo modo legata a un mondo di cui non parlate quando parlate di me.»

Julius Oppenheimer [1]

## INTRODUZIONE

L'esperimento è solo un banale strumento. Il vero fine resta: comprendere il mondo. Limitare lo scopo della meccanica quantistica esclusivamente a rendere conto delle futili operazioni che eseguiamo nei nostri laboratori equivale a tradire la grande impresa.

John Bell [2]

La fisica del nostro tempo si basa sugli sviluppi di due teorie fisiche che vennero messe a punto nei primi decenni del secolo scorso, la Teoria della Relatività (TR) e la Meccanica Quantistica (MQ).

La prima, formulata da Albert Einstein, offre una rappresentazione matematica estremamente accurata dello spazio e del tempo, e introduce nella fisica un limite superiore, la “velocità della luce”.

La seconda, formulata nelle sue prime versioni da Werner Heisenberg e Erwin Schrödinger, offre una rappresentazione matematica altrettanto accurata della materia e della radiazione, e introduce nella fisica un limite inferiore, il “quanto d'azione”.

Il tentativo di incorporarle in un'unica teoria è andato a buon fine, qualche anno dopo le loro prime formulazioni e per opera di Paul Dirac, solo per quanto riguarda la versione speciale della TR, mentre è ancora in corso per quanto riguarda la sua versione generale.

Sia la TR che la MQ hanno superato tutti i controlli sperimentali cui sono state sottoposte nell'arco di un secolo, e sul-

la loro base è stata sviluppata una parte importante dell'attuale tecnologia.

Questi fatti danno, seppure in modi diversi, la misura dell'affidabilità delle due teorie, e di quanto siano chiare dal punto di vista operativo, qui inteso come l'insieme delle procedure che consentono di metterle alla prova e di applicarle.

La situazione è ben diversa dal punto di vista interpretativo, cioè per quanto riguarda le rappresentazioni della Natura che possiamo trarre dalle due teorie.

Sull'interpretazione della TR la Comunità Scientifica ha raggiunto fin da subito un accordo pressoché unanime, mentre sull'interpretazione della MQ si presenta ancora divisa, sebbene sia trascorso ormai un secolo dalle sue prime formulazioni.

Questa differenza potrebbe essere dovuta al fatto che la TR è fondata su principi semplici e intuitivamente chiari condivisi fin dal suo esordio (il "principio di relatività" per la versione speciale della teoria, il "principio di equivalenza" per la sua versione generale), mentre la MQ è a tutt'oggi sprovvista di un principio fondante chiaro e condiviso.

A differenza della teoria della relatività, la meccanica quantistica non è ancora basata su un fondamento concettuale generalmente accettato [...] osserviamo la presenza di un'ampia discussione sull'interpretazione della teoria. In effetti, abbiamo una serie di interpretazioni coesistenti che utilizzano concetti reciprocamente contraddittori. Forse la coesistenza di un così gran numero di interpretazioni filosoficamente abbastanza diverse contiene in sé un messaggio importante. Suggerisco che il messaggio è che un principio di base generalmente accettato per la meccanica quantistica non è stato ancora identificato. Con tale principio, non intendo una formalizzazione assiomatica dei fondamenti matematici della meccanica quantistica, ma un principio fondativo concettuale.

Anton Zeilinger [3]

[...] interpretazione significa un'analisi di ciò che la teoria implica per la nostra visione generale del mondo (*Weltbild*). Implica domande sul significato della teoria in un senso più profondo.

Anton Zeilinger [3]

Perché “abbiamo una serie di interpretazioni coesistenti che utilizzano concetti reciprocamente contraddittori?”

Se si conviene sulla possibilità che una delle spiegazioni potrebbe risiedere proprio nella mancanza di un “principio della MQ condiviso”, sorge spontanea la seguente domanda: per quali ragioni la comunità scientifica, che mette alla prova e applica correntemente la MQ da ormai un secolo, e che ha potuto contare su esponenti di altissimo profilo culturale e intellettuale, non è ancora giunta a una convergenza di massima sul suo fondamento concettuale, cioè non è ancora riuscita a individuare un principio della MQ largamente condiviso?

L'anomalia della situazione sembra suggerire che il problema potrebbe sorgere e manifestarsi a un livello ancora più profondo della discussione sul fondamento concettuale della teoria. Un livello che soggiace persino ai principi dai quali, per definizione di principio, la discussione dovrebbe prendere le mosse. Che cosa sottostà ai principi di una teoria?

Si considerino, a questo proposito, le seguenti domande:

- a) Che cos'è un sistema fisico secondo la teoria?
- b) Quali sono i principi della teoria?
- c) Quale rappresentazione della Natura si può trarre dalla teoria?

Se queste domande si riferissero alla TR, e dunque al suo ambito di applicazione, le risposte potrebbero essere le seguenti:

- a) Un sistema fisico è costituito da corpi e da campi che interagiscono nello spazio e nel tempo.

- b) Il principio di relatività per la versione speciale, il principio di equivalenza per la versione generale.
- c) La materia dice allo spazio-tempo come curvarsi; lo spazio-tempo dice alla materia come muoversi.

La prima risposta si può estrapolare dal titolo dell'articolo che inaugurò la TR, *Sull'elettrodinamica dei corpi in movimento*, ed esprime l'idea di sistema fisico con la quale e sulla quale Einstein ha lavorato, unanimemente condivisa a quell'epoca.

La seconda si limita a richiamare i principi fondanti della teoria, ai quali questa idea di sistema fisico è chiaramente soggiacente.

La terza, che riporta la mirabile sintesi della TR espressa da John Wheeler, riprende la stessa idea di sistema fisico e la arricchisce con il valore aggiunto dalla teoria e dall'esperimento, ossia precisando i termini movimento e interazione, e chiarendo la loro relazione.

Le risposte che ho proposto vogliono mettere in evidenza il fatto che la TR è basata su un'idea di sistema fisico che era condivisa prima del suo avvento, che è stata utilizzata per formularla e che è uscita precisata e chiarita dalla sua formulazione.

Pongo ora le stesse domande riferendomi alla MQ e al suo campo di applicazione.

Alla prima non saprei come rispondere, perché non conosco nessuna "formalizzazione assiomatica dei fondamenti matematici della meccanica quantistica" che affronti la questione. Alla seconda nemmeno, perché convengo che "un principio di base generalmente accettato per la meccanica quantistica non è stato ancora identificato".

Alla terza neanche, perché convengo anche sul fatto che "abbiamo una serie di interpretazioni coesistenti che utilizzano concetti reciprocamente contraddittori".

Ciò considerato, questa situazione potrebbe essere sintomatica non solo della mancanza di un principio della MQ chiaro e condiviso, ma addirittura di un'idea di sistema fisico compatibile con l'impianto teorico della MQ e con tutte le evidenze sperimentali che lo supportano.

La possibilità discussa in questo opuscolo è che sia proprio un'idea di sistema fisico mancante, inadeguata o non sufficientemente definita a ostacolare l'individuazione di uno o più principi della MQ e la loro formulazione chiara, credibile e condivisibile.

A sua volta, la latitanza dei principi potrebbe essere proprio ciò che impedisce alla comunità scientifica di convergere sull'interpretazione della MQ.

La carica problematica della definizione classica di sistema fisico implicitamente adottata dalla meccanica classica, quella che ho poc'anzi provato a enunciare, si è lasciata avvertire sin dai primi tentativi, intrapresi da Niels Bohr e collaboratori, di dare una base teorica alle evidenze sperimentali che in quegli anni si andavano accumulando sugli atomi.

Se dunque, da un lato, l'idea classica di sistema fisico si dimostrava inadeguata a penetrare il mondo atomico, non era in vista nessun'altra idea di sistema fisico che si dimostrasse all'altezza dell'impresa, tanto più che non sembra lasciarsi avvistare nemmeno oggi che la teoria celebra il suo primo centenario.

Per questo le prime formulazioni della MQ – e le successive in misura anche maggiore – possono forse essere lette come brillanti e riusciti tentativi di aggirare l'ostacolo, cioè di mettere a punto un formalismo che dia conto delle evidenze sperimentali già acquisite, e di fare previsioni su quelle ancora da venire, senza poter contare – come invece è accaduto nel caso della TR – su un'idea semplice e chiara di sistema fisico, sia pure assunta anche solo come ipotesi di lavoro.

Uno scienziato che nei suoi lavori non si lasci guidare da un'ipotesi, prudente e provvisoria quanto si vuole, rinuncia a priori all'intima comprensione dei suoi stessi risultati.

Max Planck [4]

Questa difficile impresa, forse proprio per come è stata imposta, condotta e portata a termine, da un lato ha forse legittimato l'idea che la fisica possa fare a meno di definire l'oggetto della propria indagine, cioè il sistema fisico; dall'altro ha reso disponibile un impianto teorico tanto chiaro e potente dal punto di vista operativo quanto refrattario e impermeabile all'interpretazione.

Sembra che in questo ambito un definitivo consenso non sia ancora stato raggiunto. A testimonianza cito autorità come Feynman, quando dice: "Penso di poter dire con una certa sicurezza che nessuno oggi capisce la meccanica quantistica", in cui apparentemente include anche sé stesso, o come Roger Penrose, che descrive la sua opinione rimarcando che, mentre la teoria è incredibilmente in accordo con gli esperimenti e mentre è così profondamente bella dal punto di vista matematico, essa "non ha assolutamente senso". Perché anche fisici che hanno contribuito così significativamente alla teoria quantistica – Feynman addirittura ebbe il premio Nobel per una delle formulazioni matematiche di tale teoria – hanno scelto frasi così enfatiche e forti?

Anton Zeilinger [3]

Che cos'è un sistema fisico, secondo la MQ? Come si può procedere nel tentativo di proporre una risposta a questa domanda?

Il fine della scienza è, da una parte, la comprensione più completa possibile della connessione fra le esperienze sensoriali nella loro totalità e, dall'altra, il raggiungimento di questo fine *mediante l'uso di un numero minimo di concetti e di relazioni primarie* (mirando, per quanto è possibile, all'unità logi-

ca della rappresentazione del mondo, cioè a tener ristretto il numero di elementi logici).

Albert Einstein [5]

Il suggerimento che mi sembra di poterne trarre è che la formulazione di una teoria fisica, l'enunciazione dei principi da cui procede e la definizione di sistema fisico a essi sottostante, devono ambire alla massima generalità e alla massima economia concettuale. Nel seguito mi propongo pertanto di esibire un'idea di sistema fisico compatibile con la MQ utilizzando un insieme minimo di elementi logici.

## SISTEMI

Sarebbe insensato attendersi che il prossimo sviluppo fondamentale nella fisica teorica fornisca una teoria definitiva e accurata. Tuttavia è interessante considerare la possibilità che una teoria futura non sia *intrinsecamente* ambigua e approssimata. Una siffatta teoria non potrà riguardare in sostanza “misure”, perché ciò implicherebbe ancora una volta un’incompletezza del sistema e influenze esterne non analizzate. Piuttosto dovrebbe diventare nuovamente possibile dire, di un sistema, che determinate cose *sono* così, e non che *si osserva* che sono così.

John Bell [2]

Una definizione minimalista di sistema fisico è quella adottata dalla Teoria Generale dei Sistemi (TGS) inaugurata da Ludwig von Bertalanffy [6], la teoria che studia i sistemi in quanto tali, cioè a prescindere dalla loro particolare realizzazione fisica.

*Definizione:* un sistema è costituito da due o più parti tra le quali sussistono delle relazioni.

Questa definizione, oltre a essere massimamente generale e concettualmente economica, ha due caratteristiche che vale la pena di rilevare<sup>1,2</sup>:

- 1) Non presuppone i concetti di spazio e di tempo, perché né le relazioni del sistema, né la sua partizione, sono necessariamente spaziali e/o temporali.

<sup>1</sup> Si noti che questa definizione non sembra applicabile ai sistemi fisici elementari (se sono effettivamente irriducibili).

<sup>2</sup> Se vengono meno le relazioni il sistema degenera in un insieme.

- 2) È immediatamente operativa perché non si limita a denotare il sistema, cioè a porlo come complemento dell'ambiente all'universo, ma lo connota specificandone gli aspetti strutturali (parti e relazioni).

Un altro aspetto importante di questa definizione, è che quella implicitamente operativa nella TR ne rappresenta un caso particolare. In altri termini, le due definizioni sono diverse ma compatibili.

È auspicabile che siano diverse, perché è risultato evidente sin dagli esordi – anzi, dai preliminari – della MQ che la definizione classica di sistema fisico non era idonea a sondare teoricamente il mondo atomico.

Il fatto che siano compatibili è confortante, perché l'obiettivo che mi sono posto è quello di proporre una definizione di sistema fisico compatibile con la MQ e, se questa definizione fosse incompatibile con quella adottata dalla TR, risulterebbe problematica fin dall'inizio.

Se da una parte la definizione data è immediatamente intuitiva, non si può dire altrettanto dei vincoli che impone ai sistemi qualora la si prenda sul serio e la si implementi in maniera rigorosa. La circostanza sembra analoga a quella che si rileva nel caso delle teorie relativistiche.

Su questi principi [“relatività” ed “equivalenza”, n.d.t.] si costruiscono le due teorie della relatività, che poi portano ad alcune conseguenze sorprendenti e in parte anche controintuitive, anche se le teorie stesse si basano su questi elementi, i principi, intuitivamente quasi ovvi.

Anton Zeilinger [3]

La definizione sopra enunciata, apparentemente permissiva, si dimostra invece inaspettatamente vincolante. Questo aspetto la rende interessante proprio perché i vincoli riducono il ventaglio dei “mondi possibili”.

Come mi propongo di mostrare nel seguito, questa definizione sembra compatibile con l'impianto teorico della MQ proprio a condizione che la si intenda in senso stretto. In particolare, come proverò a sostenere, se la si prenda alla lettera alcuni aspetti cruciali della MQ possono essere letti come le sue naturali conseguenze. Attenersi rigorosamente a questa definizione vuol dire implementare strettamente l'ontologia che suggerisce (parti, relazioni e sistema inteso come intero), senza far ricorso a elementi ontologici che la stessa non contempla (particelle, onde, osservatori, misure ecc.).

## CHIUSURA RELAZIONALE

L'intero è di più della somma delle parti.

Aristotele

In prima istanza le relazioni ammesse dalla definizione sono solo quelle tra le parti del sistema. Infatti, se sussistessero relazioni tra le parti di un “dato” sistema e quelle di un “altro” sistema, secondo la definizione in questione non si tratterebbe di due sistemi distinti, ma dello stesso sistema, quello che li comprende.

Se dunque ci si attiene rigorosamente alla definizione adottata, non si possono ammettere relazioni tra le parti del sistema e quelle di sistemi altri, ma solo tra le parti del sistema stesso, che risulta dunque relazionalmente chiuso per definizione.

Questo aspetto della definizione adottata non pare particolarmente promettente, perché l'osservazione della natura porta invece ad accertare che i sistemi fisici comunemente intesi interagiscono, cioè che, in qualche modo, si relazionano gli uni agli altri.

La chiusura relazionale che la definizione adottata impone al sistema sembra dunque non solo limitante da un punto di vista teorico, ma anche incompatibile con l'evidenza proprio perché, se la si estendesse ai sistemi fisici comunemente intesi, ne escluderebbe a priori le interazioni.

Va tuttavia rilevato che la definizione in questione, se da un lato contempla solamente le relazioni che sussistono tra le parti del sistema – diversamente il sistema non risulterebbe definito – dall'altro non esclude che il sistema possa instaurare relazioni emergenti con sistemi altri, cioè relazioni che

## BIBLIOGRAFIA

- [1] in MOORE J.W., *Chimica fisica*, Padova, Piccin, 1979.
- [2] BELL J.S., *Dicibile e indicibile in meccanica quantistica*, Milano, Adelphi, 2010.
- [3] Citazione tratta da una memoria di A. Zeilinger non più reperibile in rete.
- [4] PLANCK M., *La conoscenza del mondo fisico*, Torino, Bollati Boringhieri, 2009.
- [5] EINSTEIN A., *Pensieri degli anni difficili*, Torino, Bollati Boringhieri, 2014.
- [6] VON BERTALANFFY L., *Teoria generale dei sistemi*, ISEDI, Milano, 1971.
- [7] HARTMANN N., *Nuove vie dell'ontologia*, La Scuola Brescia, 2017.
- [8] HEISENBERG W., *Fisica e oltre*, Torino, Bollati Boringhieri, 2013.
- [9] Aforisma in genere attribuito a Nikola Tesla.
- [10] in ROVELLI C., *Che cos'è la scienza*, Milano, Mondadori 2014.
- [11] HEISENBERG W., *Indeterminazione e realtà*, Guida Napoli, 1991.
- [12] Aforisma in genere attribuito a Wolfgang Pauli.
- [13] HEISENBERG W., *Fisica e filosofia*, Milano, Il Saggiatore, 2013.
- [14] ALTARELLI G. et al., *La fisica di Feynman*, Bologna, Zanichelli, 2007.
- [15] Aforisma in genere attribuito a Mark Twain.
- [16] in KUMAR M., *Quantum*, Milano, Mondadori, 2010.
- [17] WATKINS J., *Tre saggi su "scienza e metafisica"*, Roma, Borla, 1983.

- [18] Aforisma in genere attribuito a Robert Pirsig.
- [19] SMOLIN L., *La rinascita del tempo*, Torino, Einaudi, 2014.
- [20] Aforisma in genere attribuito a Jean Sartre.
- [21] GIOBERTI V., *Introduzione allo studio della filosofia*, CEDAM, Padova, 2001.
- [22] POPPER K., *Congetture e confutazioni*, Bologna, Il Mulino, 1972.
- [23] in DIRAC P.A.M., *La bellezza come metodo*, Milano, Indiana, 2013.
- [24] WIENER N., *La cibernetica*, Milano, Il saggiatore, 1968.
- [25] PRIGOGINE I., *La fine delle certezze*, Torino, Bollati Boringhieri, 2014.
- [26] in DI BENEDETTO A., *All'origine fu la vibrazione*, Padova, Nexsus, 2008

## RINGRAZIAMENTI

Ringrazio i filosofi Stefano Pianese, Lara Zantedeschi e Nicola Zuin per la loro preziosa collaborazione.